

PERENCANAAN BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK MENGUNAKAN SISTEM FLAT SLAB DENGAN DROP PANEL

Verrent Ecclesia Sakul

Marthin D. J. Sumajouw, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: verrent.sakul@gmail.com

ABSTRAK

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat sangat dituntut perencanaan yang aman dan efisien, dimana struktur diharapkan mampu menahan beban-beban yang ada. Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang konstruksi, telah berkembang berbagai jenis sistem struktur pelat, diantaranya flat slab. Struktur bangunan yang direncanakan memiliki 12 lantai dengan ketinggian 48 m dengan luas bangunan 5184 m² dan berfungsi sebagai kantor. Peraturan perencanaan mengacu pada SNI 1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung), SNI 1727-2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain), SNI 2843-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung). Analisis struktur dan pemodelan menggunakan program ETABS v.17. Berdasarkan hasil analisis dari ETABS, gaya-gaya dalam yang diperoleh digunakan untuk menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan oleh struktur bangunan itu sendiri. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil perencanaan yang digunakan pada bangunan kantor dalam tugas akhir ini mampu memikul beban-beban yang bekerja di dalamnya.

Kata Kunci: Perencanaan, Struktur, Bangunan Bertingkat, Flat Slab, Drop Panel,

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Inovasi perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi terus menerus berkembang. Diberbagai kota besar bangunan bertingkat tinggi dibutuhkan sebagai ruang untuk tempat tinggal, perkantoran, tempat usaha dan lain sebagainya. Dikarenakan ketersediaan lahan yang semakin sempit dan harga yang semakin mahal, sehingga memungkinkan terjadinya pembangunan gedung secara vertikal.

Sistem struktur bangunan tinggi harus dapat memikul beban gravitasi, beban angin dan guncangan akibat gempa. Hal tersebut tentunya tidak hanya bertujuan untuk menciptakan struktur bangunan yang lebih kuat dan tahan gempa, tetapi juga bertujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi setiap orang yang ada dan tinggal di dalam bangunan tersebut.

Dewasa ini, dengan pesatnya perkembangan ilmu dan teknologi dalam bidang konstruksi, telah berkembang berbagai jenis sistem struktur pelat, antara lain sistem *flat slab*. *Flat slab* merupakan sistem konstruksi pelat beton bertulang tanpa balok. Dengan tidak menggunakan balok, keuntungan yang dapat

diperoleh adalah mengurangi ketinggian per lantai, selain itu dapat mengurangi beban struktur. Keuntungan yang lainnya adalah penghematan dalam penggunaan plafon, penulangan yang lebih sederhana, pemasangan perancah dan bekisting yang sederhana dan ekonomis.

Secara keseluruhan beban pada pelat didistribusikan langsung ke kolom. Untuk mengatasi hal tersebut disekitar kepala kolom diberikan penambahan tebal pelat atau biasa disebut dengan *drop panel*. *Drop panel* berfungsi meningkatkan ketahanan pelat memikul geser pons (*punching shear*) dan momen negatif pada pelat dan kolom.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis dan perencanaan bangunan bertingkat banyak yang aman dan ekonomis dengan menggunakan *flat slab* dan *drop panel*. Struktur yang akan direncanakan adalah bangunan bertingkat 12 yang berlokasi di kota Manado.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang akan direncanakan adalah bangunan 12 lantai dengan konstruksi beton bertulang menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel*.
2. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan alat bantu software ETABS.
3. Pondasi bangunan diasumsikan mampu menahan bangunan diatasnya.
4. Beban yang diaplikasikan adalah beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban akibat gaya lateral (beban gempa dan beban angin)
5. Perencanaan elemen struktur bangunan menggunakan analisis yang mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2013).
6. Analisa perhitungan akibat gaya gempa menggunakan metode analisis response spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dimensi struktur beton bertulang untuk kolom dan *flat slab* dengan *drop panel* di setiap lantai dari suatu bangunan bertingkat banyak sesuai dengan kriteria dan persyaratan yang ada.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui hal-hal yang perlu dilakukan dalam merencanakan sistem *flat slab* dengan *drop panel* pada bangunan bertingkat banyak.
2. Mengetahui keuntungan dan kerugian sistem *flat slab* dengan *drop panel* bila digunakan pada bangunan bertingkat banyak.
3. Menjadi referensi dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat banyak tahan gempa menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel*.

LANDASAN TEORI

Beton Bertulang

Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja

dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton (Setiawan, 2016).

Pelat Beton Bertulang

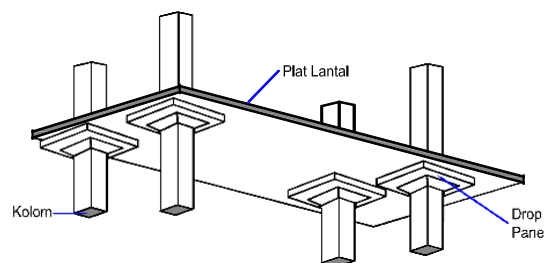
Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur (seperti pada kasus balok). (Asroni Ali, 2010).

Flat Slab

Flat slab merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. Kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pons pada pelat, yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif:

1. Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*).
2. Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
3. Menggunakan kepala kolom tanpa ada penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan.

Sistem *flat slab* dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 4-7 kN/m². (Setiawan, 2016)



Gambar 1. *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

Drop Panel

Drop panel adalah pertambahan tebal pelat di daerah sekitar kolom yang digunakan pada

model struktur *flat slab* yang berfungsi meningkatkan ketahanan pelat memikul geser pons (*punching shear*) dan momen negatif yang terjadi antara pelat dan kolom.

Dinding Geser

Dinding beton struktural atau biasa dikenal sebagai dinding geser (*shearwall*) merupakan bagian dari suatu sistem struktur yang memikul beban-beban gravitasi maupun beban lateral yang bekerja pada struktur. Sebuah dinding struktural memiliki kekakuan yang lebih baik dibandingkan dengan struktur rangka pemikul momen terbuka (*open frame*), sehingga pada saat memikul beban gempa, dinding struktural akan menunjukkan kinerja yang lebih baik.

Dinding struktural harus didesain dengan baik dan diberi detailing yang sesuai dengan persyaratan, sehingga dapat memikul semua beban yang bekerja padanya. Pada ujung-ujung dinding struktural dapat diberikan suatu komponen batas (*boundary element*) yang diberi tulangan dalam arah longitudinal dan transversal. (Setiawan, 2016)

Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Beban gravitasi dibagi menjadi dua yaitu, beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban akibat gaya lateral yaitu beban gempa.

Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung/bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Termasuk pula ke dalam jenis beban mati adalah unsur-unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, serta plafon juga termasuk jenis beban mati.

Beban Hidup

Beban hidup termasuk ke dalam kategori beban gravitasi, yaitu jenis beban yang timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan gedung tersebut. Beban manusia, peralatan yang dapat dipindahkan, kendaraan bermotor, serta barang/benda lain yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup berubah-ubah, maka penentuan beban

hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit.

Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban dalam arah horizontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik dalam arah vertikal maupun horizontal.

Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian struktur suatu bangunan.

Analisis Beban Gempa

Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Menurut SNI-1726-2012 dalam menentukan kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan bangunan bergantung dari jenis pemanfaatan bangunan tersebut. Kategori risiko struktur untuk bangunan gedung dan non gedung diatur sesuai dengan tabel kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa dan tabel faktor keutamaan gempa.

Pemilihan Sistem Struktur

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2.1, pembagian sistem penahan gaya lateral berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral.

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_o dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya desain elemen dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Perioda Fundamental Struktur

Perioda fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk Batasan atas pada perioda yang dihitung. Batasan yang masih diijinkan dapat dihitung dengan rumus: $T_a = C_t h_n^x$ dan $T_{max} = C_u T_a$

Tabel 1. R, C_d, Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

| Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan | R | Ω_0 | C _d | Batasan sistem struktur dan tinggi struktur, h _n (m) | | | | |
|--|-----|------------|----------------|---|----|----|----|----|
| | | | | Kategori desain seismic | | | | |
| | | | | B | C | D | E | F |
| Rangka baja dengan bresing eksentris | 8 | 2 ½ | 4 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Rangka baja dengan bresing eksentris khusus | 7 | 2 ½ | 5 ½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser beton bertulang khusus | 7 | 2 ½ | 5 ½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser beton bertulang biasa | 6 | 2 ½ | 5 | TB | TB | TI | TI | TI |
| Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris | 8 | 2 ½ | 4 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris konsentris khusus | 6 | 2 ½ | 5 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser pelat baja dan beton komposit | 7 ½ | 2 ½ | 6 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser baja dan beton komposit khusus | 7 | 2 ½ | 6 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser baja dan beton komposit biasa | 6 | 2 ½ | 5 | TB | TB | TI | TI | TI |
| Dinding geser batu bata bertulang khusus | 5 ½ | 3 | 5 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser batu bertulang menengah | 4 | 3 | 3 ½ | TB | TB | TI | TI | TI |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 8 | 2 ½ | 5 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Dinding geser pelat baja khusus | 8 | 2 ½ | 6 ½ | TB | TB | TB | TB | TB |

Sumber: SNI 1726-2012

METODOLOGI PERENCANAAN

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini adalah cara analitis untuk mendapatkan dimensi penampang yang ekonomis. Untuk itu perencanaan dibagi menjadi beberapa tahapan:

1. Pengumpulan dan pengolahan data berupa:
 - a. Dimensi bangunan dan lokasi
 - b. Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan
 - c. Data-data pembebanan
2. Pradesain struktur
3. Pemodelan struktur
4. Analisis struktur
5. Kontrol terhadap struktur
6. Desain tulangan dan analisa penampang
7. Gambar dimensi bangunan

Tahapan-tahapan penelitian tersebut mengacu pada peraturan-peraturan sebagai berikut:

1. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan (SNI 1727:2013).
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
3. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

Data Perencanaan

Struktur bangunan yang direncanakan memiliki fungsi sebagai bangunan kantor dan

memiliki struktur beton bertulang dengan *flat slab* dan *drop panel* sehingga diperlukan analisis yang tepat untuk merencanakan struktur gedung ini, maka dari itu analisis akan dilakukan dengan bantuan *software* ETABS v. untuk mempermudah pekerjaan, menghemat waktu dan mengurangi kesalahan saat perencanaan.

Data bangunan

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Fungsi Bangunan | : Kantor |
| Tinggi Bangunan | : 48 m |
| Luas Bangunan | : ± 5184 m ² |
| Tinggi Kolom | : 4 m |
| Panjang Bentang | : 24 m arah memanjang |
| | : 18 m arah melintang |
| Jumlah Lantai | : 12 lantai |
| Struktur Bangunan | : Beton bertulang |

Data bahan

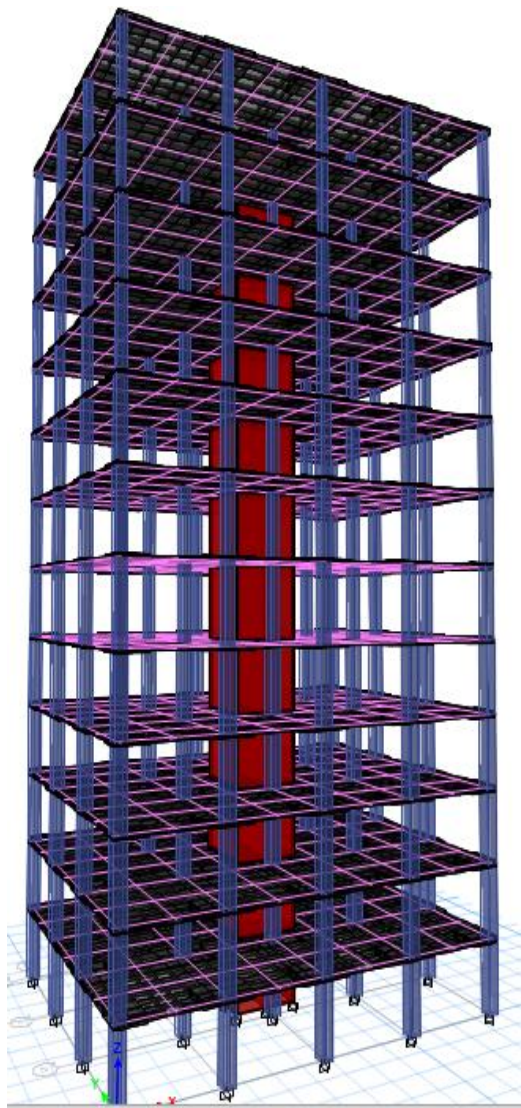
Perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan mutu bahan, antara lain:

1. Mutu beton untuk kolom, dinding geser, *flat slab* dan *drop panel* menggunakan kuat tekan beton, $f_c' = 30$ MPa
2. Baja tulangan dengan:
 - $f_y = 280$ MPa untuk diameter ≤ 10 mm
 - $f_y = 420$ MPa untuk diameter > 10 mm

Pemodelan Struktur Bangunan

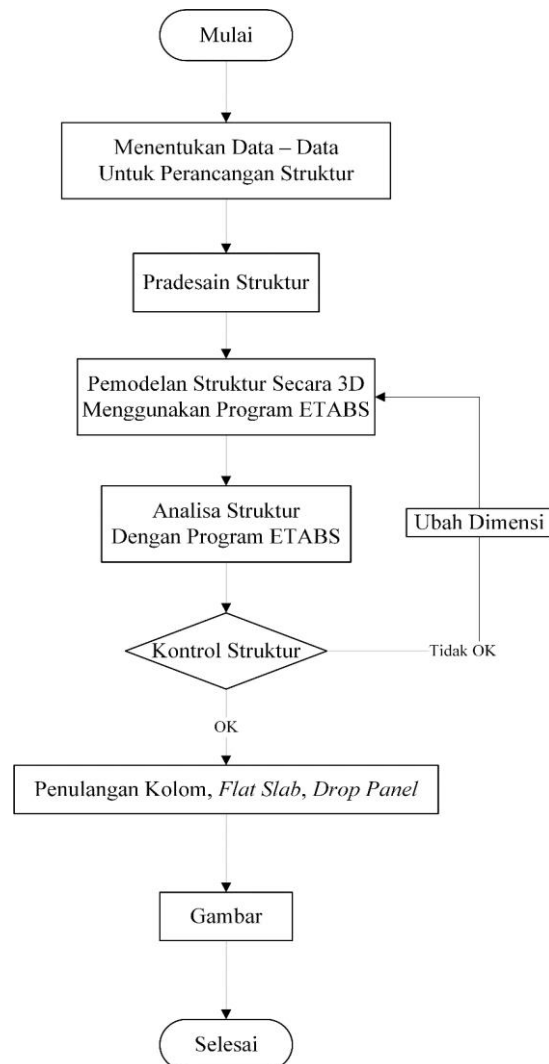
Pemodelan struktur yang dibuat menggunakan bantuan program ETABS

Berikut gambar desain dari pemodelan struktur:

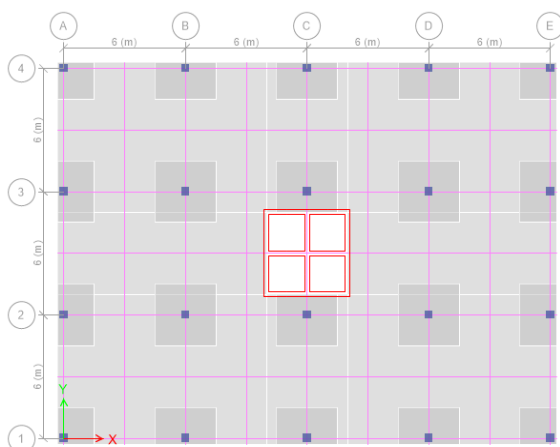


Gambar 2. Model Bangunan (3D View)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir perencanaan



Gambar 3. Denah Bangunan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontrol Perioda Fundamental Struktur(T)

Perioda Fundamental Struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari tabel 14 SNI 1726-2012, dan perioda fundamental pendekatan (T_a) yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1.

$$\begin{aligned}
 T_a \text{ (min)} &= 0.0466 \times (\text{Tinggi Gedung})^{0.9} \\
 &= 0.0466 \times (48)^{0.9} \\
 &= 1.5188 \text{ detik} \\
 T_a \text{ (max)} &= C_u \cdot T_a \text{ (min)} \\
 &= 1.4 \times 1.5188 \\
 &= 2.12632
 \end{aligned}$$

T berdasarkan analisis struktur, $T_c = 1.81$ detik.

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamis struktur harus menghasilkan partisipasi massa lebih besar dari 90% total massa struktur.

Hasil partisipasi massa dari analisis Etabs diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2: Partisipasi Massa Struktur

| Case | Mode | Period | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|--------|--------|--------|
| Modal | 1 | 1.81 | 0.6347 | 0 |
| Modal | 2 | 1.602 | 0.6347 | 0.6469 |
| Modal | 3 | 1.104 | 0.6347 | 0.6469 |
| Modal | 4 | 0.38 | 0.6347 | 0.6469 |
| Modal | 5 | 0.375 | 0.8402 | 0.6469 |
| Modal | 6 | 0.348 | 0.8402 | 0.8447 |
| Modal | 7 | 0.227 | 0.8402 | 0.8447 |
| Modal | 8 | 0.16 | 0.8402 | 0.8447 |
| Modal | 9 | 0.149 | 0.9136 | 0.8447 |
| Modal | 10 | 0.143 | 0.9136 | 0.916 |
| Modal | 11 | 0.123 | 0.9136 | 0.916 |
| Modal | 12 | 0.1 | 0.9136 | 0.916 |

Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa partisipasi massa yang memenuhi ketentuan melebihi 90% yaitu diatas mode ke-10.

Kontrol Base Shear

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.9.4, kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) harus lebih besar dari 85% geser dasar (V).

Hasil analisis geser dasar adalah sebagai berikut.

Tabel 3: Kontrol Base Shear Gempa

| Arah | Base Shear (Kg) | | Kontrol VT/V *100% > 85% |
|------|-----------------|---------------|--------------------------------|
| | Statis V | Dinamis VT | |
| X | 1603.09 | 1603.09 | 100 % (OK) |
| Y | 1810.79 | 1810.70 | 99.99 % (OK) |

Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.12.1, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_{ai}) = $0.020h_{sx}$.

Hasil simpangan berdasarkan analisis program ETABS ditunjukkan pada Tabel 4.

Perencanaan Tulangan Kolom

Dalam perencanaan ini, diambil nilai P_u maksimum dari analisis struktur pada program ETABS. Dalam contoh perhitungan diambil kolom C15 dengan kombinasi pembebanan "(1.2D + 1.6L)"

Berdasarkan hasil perhitungan digunakan 16 tulangan D20

Tabel 4: Kontrol Simpangan

| ΔX | | | | | | |
|------------|--------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|------------------------------|--------|
| Lantai | H (mm) | Drift Δ_s antar tingkat (mm) | Cd | Drift Δ_m antar tingkat (mm) | Syarat Drift Δ_a (mm) | Syarat |
| 12 | 4000 | 1.883 | 5.5 | 10.3565 | 80 | OK |
| 11 | 4000 | 1.9 | 5.5 | 10.45 | 80 | OK |
| 10 | 4000 | 1.904 | 5.5 | 10.472 | 80 | OK |
| 9 | 4000 | 1.895 | 5.5 | 10.4225 | 80 | OK |
| 8 | 4000 | 1.856 | 5.5 | 10.208 | 80 | OK |
| 7 | 4000 | 1.785 | 5.5 | 9.8175 | 80 | OK |
| 6 | 4000 | 1.671 | 5.5 | 9.1905 | 80 | OK |
| 5 | 4000 | 1.507 | 5.5 | 8.2885 | 80 | OK |
| 4 | 4000 | 1.293 | 5.5 | 7.1115 | 80 | OK |
| 3 | 4000 | 1.017 | 5.5 | 5.5935 | 80 | OK |
| 2 | 4000 | 0.681 | 5.5 | 3.7455 | 80 | OK |
| 1 | 4000 | 0.27 | 5.5 | 1.485 | 80 | OK |
| ΔY | | | | | | |
| Lantai | H (mm) | Drift Δ_s antar tingkat (mm) | Cd | Drift Δ_m antar tingkat (mm) | Syarat Drift Δ_a (mm) | Syarat |
| 12 | 4000 | 1.62 | 5.5 | 8.91 | 80 | OK |
| 11 | 4000 | 1.638 | 5.5 | 9.009 | 80 | OK |
| 10 | 4000 | 1.643 | 5.5 | 9.0365 | 80 | OK |
| 9 | 4000 | 1.637 | 5.5 | 9.0035 | 80 | OK |
| 8 | 4000 | 1.604 | 5.5 | 8.822 | 80 | OK |
| 7 | 4000 | 1.545 | 5.5 | 8.4975 | 80 | OK |
| 6 | 4000 | 1.449 | 5.5 | 7.9695 | 80 | OK |
| 5 | 4000 | 1.312 | 5.5 | 7.216 | 80 | OK |
| 4 | 4000 | 1.133 | 5.5 | 6.2315 | 80 | OK |
| 3 | 4000 | 0.901 | 5.5 | 4.9555 | 80 | OK |
| 2 | 4000 | 0.613 | 5.5 | 3.3715 | 80 | OK |
| 1 | 4000 | 0.251 | 5.5 | 1.3805 | 80 | OK |

Luas tulangan

$$As1 = 5.(\pi/4 \cdot D^2) = 1570.796 \text{ mm}^2$$

$$As2 = 2.(\pi/4 \cdot D^2) = 628.3185307 \text{ mm}^2$$

$$As3 = 2.(\pi/4 \cdot D^2) = 628.3185307 \text{ mm}^2$$

$$As4 = 2.(\pi/4 \cdot D^2) = 628.3185307 \text{ mm}^2$$

$$As5 = 5.(\pi/4 \cdot D^2) = 1570.796 \text{ mm}^2$$

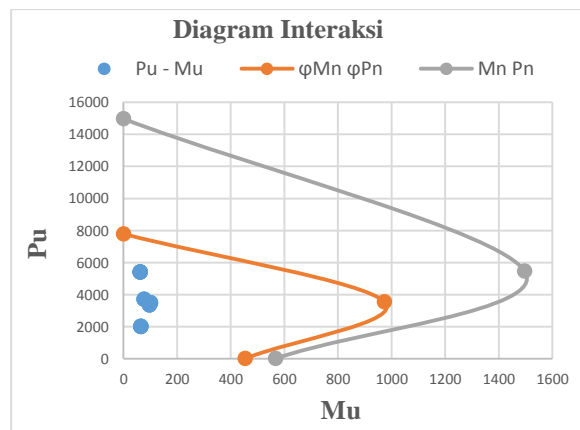
Jarak antar tulangan

$$d = T_s + D_{ts} + \frac{1}{2} D$$

$$= 40 + 10 + 10 = 60 \text{ mm}$$

$$S = (h - 2.d)/(n-1)$$

$$= (700 - 2 \times 60)/(5 - 1) = 145 \text{ mm}$$



Gambar 5. Diagram Interaksi Kolom 700 x 700

Perencanaan Tulangan Flat Slab

Diketahui data *flat slab* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 96.285 \text{ kN.m} \\ M_{ly} &= 21.358 \text{ kN.m} \\ D_{ts} &= 10 \text{ mm} \\ f_{c'} &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 420 \text{ MPa} \\ b &= 3000 \text{ mm} \\ h &= 200 \text{ mm} \\ T_s &= 20 \text{ mm} \\ d &= h - T_s - 1/2 D_{ts} \\ &= 200 - 20 - (1/2 \times 10) = 175 \text{ mm} \\ S < 240 &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan tulangan D10 – 125 mm

Perencanaan Tulangan Drop Panel

Diketahui data *drop panel* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 268.681 \text{ kN.m} \\ M_{ty} &= 263.234 \text{ kN.m} \\ D_{ts} &= 12 \text{ mm} \\ f_{c'} &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 420 \text{ MPa} \\ b &= 3000 \text{ mm} \\ h &= 350 \text{ mm} \\ T_s &= 20 \text{ mm} \\ d &= h - T_s - 1/2 D_{ts} \\ &= 350 - 20 - (1/2 \times 12) = 324 \text{ mm} \\ S < 240 &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

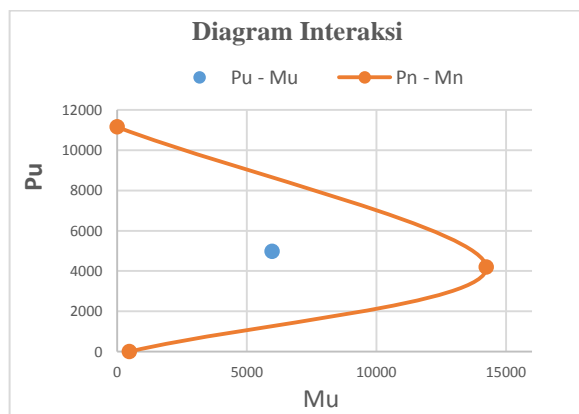
Jadi, digunakan tulangan D12 – 100 mm

Perhitungan Dinding Geser (Shearwall)

Penulangan dinding geser (*shearwall*) dihitung dengan bantuan program ETABS. Hasil dari analisis yang kemudian digunakan untuk menentukan penulangan pada dinding geser.

Untuk tulangan dinding geser didapat:

- Memakai 2 layer tulangan
- Digunakan tulangan diameter 16mm dengan jarak 250mm



Gambar 5. Diagram Interaksi Dinding Geser

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan *flat slab* dengan *drop panel* menghasilkan:
 - a) Dimensi tebal *flat slab* 200 mm
 - b) Dimensi tebal *drop panel* 150 mm dengan beberapa jenis tipe menyesuaikan dengan letak posisinya.
 - c) Tulangan yang digunakan adalah D12 dan D10.
2. Dalam perencanaan dimensi kolom, digunakan dimensi kolom dengan ukuran bervariasi antara lain, 700 mm x 700 mm, 600 mm x 600 mm, 500 mm x 500 mm, 400 mm x 400 mm. Nilai diagram interaksi yang didapat juga telah memenuhi untuk semua nilai M_u dan P_u yg diterima kolom.
3. Komponen struktur dengan dimensi dan penulangan yang ada mampu menahan gaya yang bekerja pada struktur dengan terpenuhinya syarat-syarat desain kekuatan dimana kapasitas momen nominal (M_n) lebih besar dari gaya yang bekerja pada komponen struktur (M_u).
4. Untuk dapat memenuhi periode getar struktur (T) yang tidak melewati batas periode fundamental pendekatan (T_a batas atas), maka ditambahkan dinding geser agar bangunan semakin kaku dan dapat menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* pada perencanaan bangunan bertingkat banyak.

Saran

1. Dalam merencanakan bangunan khususnya beringkat banyak perlu ditinjau beban gempa apalagi berada di daerah yang memiliki tingkat resiko kegempaan yang tinggi, karena jika terjadi gempa dan struktur bangunan tidak direncanakan dengan baik untuk dapat menahan gaya gempa yang terjadi, maka akan sangat berbahaya bagi struktur itu sendiri.
2. Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan sistem struktur *flat slab* dengan mempertimbangkan faktor teknis, ekonomis, dan estetika.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali., 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*, SNI 1727:2013. Bandung, Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta, Standar Nasional Indonesia.
- Setiawan, Agus., 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Erlangga, Jakarta.
- Boyoh, E. R., Windah, R.S., Dapas, S.O., 2019. *Perencanaan Hotel Konstruksi Beton Bertulang 12 Lantai di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik, 7 (8).
- Honarto, R. J., Handono, B. D. and Pandaleke, R. E., 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik, 7 (2).